

Beschreibung

Vakuumgehäuse für ein Magnetresonanzgerät

- 5 Die Erfindung betrifft ein Vakuumgehäuse für ein Magnetresonanzgerät mit einer Aussparung zur Durchführung von Zuführungen zu Elementen ins Innere des Vakuumgehäuses und mit mindestens einem ersten Durchführungsmodul.
- 10 Ein Ansatz zur Unterdrückung von Lärm, der beim Betrieb eines Magnetresonanzgeräts (MR-Geräts) erzeugt wird, besteht darin einen größtmöglichen Teil der schwingenden Oberflächen des MR-Geräts mit Vakuum zu umgeben. Dazu wird beispielsweise das MR-Gerät mit einer luftdichten Kapselung umgeben, in der ein
- 15 Druck von ca. 100 mbar herrscht. Die Evakuierung des gekapselten Hohlraums bewirkt eine Schallentkopplung zwischen den schwingenden Oberflächen und der Außenwand der Vakuumkapselung. Dabei stellt sich das Problem der luftdichten Durchführung von Zuführungsleitungen ins Innere des Vakuumgehäuses.
- 20 Besonders aufwändig sind dabei Durchführungen von sperrigen Stromleitungen von eingekapselten Gradientenspulen und vom zugehörigen Kühlkreislauf. Aufgrund der hohen Stromstärken werden hier steife und entsprechend sperrige Versorgungsleitungen mit beispielsweise großen Leiter-Durchmessern verwendet. Weitere Beispiele für mögliche Zuführungen sind elektri-
- 25 schen Serviceleitungen z.B. für Kleinsignale zur Temperaturmessung oder Steuerströme, die mit Stromstärken von bis zu 5 mA in ansteuerbare Magnetfeldspulen innerhalb der Vakuumkapselung fließen.
- 30 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Vakuumgehäuse für ein Magnetresonanzgerät anzugeben, welches die Durchführung von sperrigen Zuführungen zu Elementen im Inneren des Vakuumgehäuses ermöglicht.
- 35 Die Aufgabe, bezogen auf das eingangs erwähnte Vakuumgehäuse, wird dadurch gelöst, dass das erste Durchführungsmodul eine

- erste Verschlussplatte aufweist, die derart ausgebildet ist, dass sie gemeinsam mit mindestens einer zweiten Verschlussplatte die Aussparung vakuumdicht abdichtet, und dass das erste Durchführungsmodul eine erste bauliche Komponente aufweist, die bei der Montage des Durchführungsmoduls zumindest teilweise durch die Aussparung zu führen ist und deren Ausmaß eine minimale Größe der Aussparung definiert, welche größer ist als die der ersten Verschlussplatte.
- 10 Ein Vorteil des Vakuumgehäuses nach der Erfindung liegt darin, dass es die Vakuumdurchführung von sperrigen baulichen Komponenten vereinfacht, indem es die Größe der Aussparung, welche von den Ausmaßen der ersten baulichen Komponente benötigt wird, von der Größe der der ersten baulichen Komponente zugeordneten Verschlussplatte entkoppelt. Auf diese Weise
- 15 kann man einerseits eine einfachere Handhabbarkeit, z.B. Einbau oder Austausch, von sperrigen baulichen Komponenten erhalten, ohne andererseits die Geometrie des Vakuumgehäuses nachteilig zu beeinflussen.
- 20 Ein Beispiel für eine sperrige bauliche Komponente ist beispielsweise eine Gradientenleitung, auf die aufgrund der hohen Ströme im Magnetfeld erhebliche Kräfte wirken. Entsprechend ist sie sehr steif und stabil ausgeführt. Die Gradientenleitung verbindet eine Gradientenspule über das Durchführungsmodul mit einem außerhalb der Vakuumkammer angeordneten elektrischen Kontakt einer Stromzuführung. Sie kann eine
- 25 Länge von größer 1 m aufweisen und ist in ihrer Form an die räumlichen Gegebenheiten angepasst. Beispielsweise kann sie innerhalb der Vakuumkammer auf einer radialen Linie vom
- 30 Durchführungsmodul zur Gradientenspule verlaufen, wogegen sie außerhalb der Vakuumkammer derart geformt ist, dass sie mit einem auch unter einem anderen azimutalen Winkel angeordneten Kontakt verbunden werden kann. Als weitgehend unflexible Leitung weist sie somit Ausmaße auf, die ihre Handhabung erschweren. Mithilfe der Erfindung lässt sich ihr Ein- oder
- 35 Ausbau leicht durchführen.

In einer besonders vorteilhaften Weiterbildung des Vakuumgehäuses ist die zweite Verschlussplatte Teil eines zweiten Durchführungsmoduls. Dies hat den Vorteil, dass die aufgrund
5 der baulichen Komponente benötigte Größe der Aussparung zum Aus- und Einbringen der Zuführungen durch die Aussparung dazu genutzt werden kann, weitere Zuführungen zu Elementen im Inneren des Vakuumgehäuses zu nutzen.

10 In einer besonders vorteilhaften Weiterbildung umfasst das zweite Durchführungsmodul eine schubladenartige Führungseinheit. Diese ermöglicht es, beispielsweise eine Hochfrequenz-, Temperatursignalleitung und/oder eine Shim-Steuerleitung derart zu führen, dass die elektrische Leitung auch an einem
15 aufgrund der Geometrie des MR-Geräts schwer zugänglichen Bereich geführt und dort kontrolliert mit z.B. einen Stecker elektrisch verbunden werden können.

Weitere vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind
20 durch die Merkmale der Unteransprüche gekennzeichnet.

Es folgt die Erläuterung eines Ausführungsbeispiels anhand der Figuren 1 und 2. Es zeigen:

25 FIG 1 einen vertikalen Schnitt durch den Frontbereich eines Magnetresonanzgerätes mit einem zylinderförmigen Grundfeldmagneten entlang der Zylinderachse und

FIG 2 eine perspektivische Ansicht auf einen Ausschnitt
30 des Vakuumgehäuses, in dem eine Aussparung mit zwei Durchführungsmodulen abgedichtet werden kann.

Figur 1 zeigt schematisch einen Schnitt durch ein Magnetresonanzgerät 1 mit einem zylinderförmigen Grundfeldmagneten 3.
35 Das Magnetresonanzgerät 1 ist am Boden mit einer stabilen Halterung 4 befestigt, die beispielsweise aus zwei parallel verlaufenden Trägern 4A besteht. Die Magnethauptachse 5 ent-

spricht der Zylindersymmetrieachse des Grundfeldmagneten 3. Mithilfe einer Patientenliege 7 kann ein Patient in den Untersuchungsbereich 9 des Magnetresonanzgeräts 1 eingebracht werden. Zur Magnetresonanzuntersuchung werden hohe Magnetfelder im Untersuchungsbereich 9 benötigt. Diese werden durch Gradientenmagnetfelder der Gradientenspuleneinheiten 11 modifiziert, um eine ortsauflösende Bildgebung zu ermöglichen. Für die Bildqualität sind die Stärke des Grundmagnetfeldes, die Gradientenstromstärke und die Anstiegszeit der Gradientenströme von Bedeutung.

Aufgrund der hohen Ströme in den Gradientenspulen 11 im herrschenden Grundmagnetfeld des Grundfeldmagneten 3 wirken starke Lorenz-Kräfte auf die jeweiligen Gradientenspulen und bewirken Schwingungen, die zu starker Lärmemission führen.

Zur Lärmunterdrückung werden die schwingenden Systemkomponenten mithilfe eines Vakuumgehäuses 13, welches den Grundfeldmagneten 3 und die Gradientenspuleneinheiten 11 im wesentlichen vollständig umgibt, akustisch vom Untersuchungsbereich 9 isoliert. Das Vakuumgehäuse 13 umfasst einen zentralen Bereich 15, eine hintere und eine vordere ringförmige Verkleidung 17A, 17B und zwei ringförmige Dichtungsplatten 19A, 19B, die am Grundfeldmagneten 3 vakuumdicht befestigt sind. Die abnehmbaren Teile des Vakuumgehäuses 13 werden über Dichtungsringe 20A, 20B vakuumdicht aufgebracht. Das vom Vakuumgehäuse 13 umschlossene Volumen wird beispielsweise auf einen Druck von 100 mbar evakuiert. Dies bewirkt die akustische Entkopplung des Vakuumgehäuses 13 und damit des Untersuchungsbereichs 9 von den schwingenden Komponenten innerhalb des Vakuumgehäuses. Als alternative vorteilhafter Ausgestaltung des Vakuumgehäuses 13 können beispielsweise der zentrale Teil 15, die hintere Frontplatte 17A und der Dichtungsring 19A einteilig ausgeführt werden.

Bei einem derartigen MR-Gerät 1 müssen verschiedenste Leitungen in das Innere des Vakuumgehäuses geführt werden:

- Gradientenzuführungen zu Gradientenspulen zur Erzeugung variabler und inhomogener Magnetfelder durch gesteuerte Strompulse von mehreren 100 Ampere,
- Körperspulensignalleitungen zum Senden und Empfangen von Hochfrequenzpulsen,
- Kühlungsleitungen zum Abführen von dissipativer Leistung von z.B. bis zu 20 kW aufgrund von resistiven Verlusten in den Gradientenspulen,
- Kleinsignalleitungen, beispielsweise zur Temperaturmessung mithilfe von NTC's
- Steuerstromleitungen zur Einstellung der Grundmagnetfeldeigenschaften auf die Bedingungen zum Zeitpunkt der Messung (Shim-Steuerströme).

In der Figur 1 sind beispielhaft drei starre Gradientenleitungen 21 für die drei Raumrichtungen, in denen Gradientenmagnetfelder erzeugt werden sollen, eingezeichnet. Sie weisen einen im Vakuum befindlichen Teil 21A und einen außerhalb des Vakuumgehäuses verlaufenden Teil 21B auf. Aufgrund der durch das starke Grundmagnetfeld und durch die sehr hohen Ströme bewirkten Kräfte auf die Gradientenleitungen müssen diese stabil ausgebildet werden. Entsprechend sind die Gradientenleitungen steif und sperrig bei Ein- und Ausbau zu handhaben. In einer möglichen koaxialleitungsähnlichen Realisierungsform werden sie beispielsweise durch Lizen mit einem Durchmesser von 15 mm realisiert, welche isoliert in Kupferröhren von beispielsweise ca. 22 mm Durchmesser verlaufen. Die hohen Ströme bedingen einen derartigen Durchmesser. Der stabile und somit sperrige Aufbau der Gradientenleitungen 21 ist nicht auf dem Bereich innerhalb des Vakuumgehäuses beschränkt, da auch außerhalb des Vakuumgehäuses, im Fall der Figur 1 unterhalb des Grundfeldmagneten, hohe Magnetfelder vorliegen.

Zur Aufnahme der sperrigen Gradientenleitungen 21 weist in Figur 1 die Frontplatte 17B im Bereich der Patientenliege 7 eine Ausformung in Art einer Hutze auf. Um den Zugang zum Untersuchungsbereich 9 möglichst wenig einzuschränken, wurden

die Zuführungen zu den Gradientenspulen im Bereich der ein-
führenden Patientenliege 7 angeordnet. Diese Anordnung der
Hutze hat des Weiteren den Vorteil, dass ein aufgrund der Va-
kuumverkapselung vergrößerter Bauraum so minimal wie möglich
5 gehalten wird.

Voraussetzung für die Verwendung des Vakuumgehäuses 13 ist
die leichte Wartung und Austauschbarkeit der Durchführungs-
leitungen selbst unter eingeschränkten räumlichen Bedingun-
10 gen. Erfindungsgemäß können die Zuführungen, beispielsweise
die Gradientenleitungen 21 mit dem Durchführungsmodul 23, zu
Servicezwecken auch unter beschränkten räumlichen Gegebenhei-
ten komplett entfernt werden, ohne beispielsweise den Magne-
ten anheben zu müssen. Die Gradientenleitung 21A stellt somit
15 eine Komponente dar, die bei der Montage des Durchführungs-
moduls 23A durch die Aussparung 25 zu führen ist und deren Aus-
maß eine minimale Größe der Aussparung 25 vorgibt, welche
größer ist als die einer Verschlussplatte 31A des Durchfüh-
rungsmoduls 23A.

20
Figur 2 zeigt eine perspektivische Ansicht der vorderen Dich-
tungsplatte 19B im Bereich der Durchführungsmodule 23A, 23B,
welche in der Aussparung 25 der Dichtungsplatte 19B bodennah
angeordnet sind. Dabei wurde eine Blickrichtung vom Untersu-
25 chungsbereich 9 aus auf die Aussparung 25 gewählt. Für eine
freie Ansicht der Durchführungsmodule 23A, 23B sind die Gra-
dientenspulen 11, der Grundfeldmagnet 3 und das Vakuumgehäuse
13 (mit Ausnahme der Dichtungsplatte 19B) nicht dargestellt.

30 In der Figur 2 erkennt man die beiden parallelen Träger 4A
und 4B, auf denen der Grundfeldmagnet 3 ruht. Auf dem Träger
4A ist eine Kontakteinheit 27 für die Gradientenleitungen
21A, ... 21C angeordnet.

35 Die Gradientenleitungen 21A, ... 21C sowie Kleinsignalleitungen
29 werden vakuumdicht auf den Verschlussplatten 31A, 31B vor-
montiert. Die Leitungen 21, 29 zusammen mit den Verschluss-

platten 31A, 31B bilden die Durchführungsmodule 23A, 23B, die gemeinsam die Aussparung 25 vakuumdicht verschließen. Dazu werden sie beispielsweise an die Dichtungsplatte 19B vakuumabgedichtet angeschraubt.

5

Dadurch, dass mehrere Durchführungsmodule 23A, 23B gemeinsam die Aussparung 25 abdichten, ist es möglich, auch das sehr steife Gebilde des Durchführungsmoduls 23A durch die Aussparung einzubauen bzw. zu entfernen. Der Austausch der Gradientenleitungen 21 erfolgt beispielsweise folgendermaßen:

10

Nachdem die Frontplatte 17B abgenommen worden ist, werden die Kleinsignalleitungen, die mithilfe des Durchführungsmoduls 23D verlegt werden, gelöst, und das Durchführungsmodul 23B wird in Pfeilrichtung herausgezogen. Des Weiteren werden die Gradientenleitungen 21 von der Gradientenspule 11 und von der Kontakteinheit 27 gelöst. Anschließend wird das Durchführungsmodul 23A durch Drehen um die Magnethauptachse 5, durch Ziehen und eventuell durch Verkippen vollständig entfernt.

15

Dies ist möglich, da erfindungsgemäß die Aussparung 25 in ihrer Größe an die Ausmaße der sperrigen Gradientenleitungen 21B angepasst ist. Dieses Vorgehen ist durch die Pfeile 33A, ... 33C in der Figur 2 angedeutet.

20

Das Durchführungsmodul 23D weist als Besonderheit eine schubladenähnliche Struktur 35 auf, die im montierten Zustand in den unzugänglichen Bereich unter den Grundfeldmagneten 3 hineinragt. Sie erlaubt es beispielsweise, Signaleinleitungen vorteilhaft so zu führen, dass sie leicht mit entsprechenden elektronischen Einheiten 37 verbunden werden können. Die schubladenartige Struktur 35 wird beispielsweise durch Führungen 39A, ... 39D, die am Grundfeldmagneten 3 befestigt sind, geführt.

30

Alternativ können beispielsweise die Kleinsignalleitungen 29 durch Rohre, die zur Leitungsführung dienen, zu den entsprechenden Komponenten 37 geführt werden. Wird beispielsweise

35

das Durchführungsmodul 23B entfernt, ziehen sich die Leitungen 29 durch die Führungsrohre und können auf der Verschlussplattenrückseite abgeschraubt werden. Öffnet man beide Verbindungen mit den Enden einer der Leitungen 29, so kann diese

5 Leitung durch das beispielsweise unter den Magneten 3 verlaufende Führungsrohr gezogen und nach einer Servicekontrolle wieder eingeführt bzw. ausgetauscht werden.

Wie schematisch in Figur 2 angedeutet, kann eine größere Aus-

10 sparung auch durch mehr als zwei Durchführungsmodule 23A, 23B vakuumdicht verschlossen werden. Zur Verdeutlichung zeigt Figur 2 ein gestrichelt umrandetes beispielhaftes drittes Durchführungsmodul 23C. Das Durchführungsmodul 23C kann beispielsweise zur Durchführung von Kühlleitungen 41 verwendet

15 werden.

Patentansprüche

1. Vakuumgehäuse (13) für ein Magnetresonanzgerät (1) mit einer Aussparung (25) zur Durchführung von Zuführungen
5 (21,29,39) zu Elementen (11) im Inneren des Vakuumgehäuses (13) und mit mindestens einem ersten Durchführungsmodul (23A),
dadurch gekennzeichnet, dass
das erste Durchführungsmodul (23A) eine erste Verschluss-
10 platte (31A) aufweist, die zur vakuumdichten Abdichtung der Aussparung 25 gemeinsam mit mindestens einer zweiten Verschlussplatte (31B) ausgebildet ist, und dass das erste
Durchführungsmodul (23A) eine erste bauliche Komponente (21)
15 aufweist, die bei einer Montage des Durchführungsmoduls (23A) zumindest teilweise durch die Aussparung (25) zu führen ist
und deren Ausmaß eine minimale für die Montage benötigte
Größe der Aussparung (25) definiert, welche größer ist als
die der ersten Verschlussplatte (31A).
- 20 2. Vakuumgehäuse (13) nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass das
erste Durchführungsmodul (23A) als erste Komponente (21) mindestens eine unflexible Gradientenleitung (21A,...21C) auf-
weist.
- 25 3. Vakuumgehäuse (13) nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass die
zweite Verschlussplatte (31B) Teil eines zweiten Durchführungsmoduls (23) ist.
- 30 4. Vakuumgehäuse (13) nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet, dass das
zweite Durchführungsmodul (23B) eine schubladenartige Führungseinheit (35) umfasst, die insbesondere zur Führung einer
35 Hochfrequenz-, Temperatursignalleitung und/oder einer Shim-
Steuerleitung (29) ausgebildet ist

10

5. Vakuumgehäuse (13) nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, dass die
Aussparung (25) bodennah im Vakuumgehäuse (13) angeordnet
ist.

5

6. Vakuumgehäuse (13) nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet, dass das
Vakuumgehäuse (13) im Bereich der Aussparung (25) ausgehend
in Form einer Hutze zur Aufnahme der Zuführungen (21, 29, 39)

10 ausgebildet ist.

$\frac{1}{2}$

FIG 1



